

La dynamique de la vie

L'eau support de vie

Vitalité du plancton végétal

Vitalité du plancton végétal

Résumé

Dans les écosystèmes aquatiques le plancton végétal est à la base des chaînes alimentaires ; la construction de l'édifice biologique repose sur sa production et sa vitalité.

Dans les eaux douces de l'amont la biomasse du plancton est abondante, parfois jusqu'à l'excès, et la vitalité de la population est forte ; dans les eaux marines de l'estuaire externe, la production est peu abondante et la vitalité de la population, moyenne. Entre les deux, au niveau de la zone de turbidité maximum, l'abondance est tributaire des apports de l'amont et en moindre proportion des apports marins, plutôt que de l'activité biologique réduite du fait de l'agitation quasi permanente, de la forte turbidité et de la salinité variable. La vitalité du phytoplancton de ces eaux mélangées est faible.

Une forte dépendance existe de la Maine à la mer, sous l'influence dominante des débits de la Loire et de l'ensoleillement.

Entre 1996 et 2002, les concentrations en phytoplancton ont baissé de façon sensible à l'amont, mais peu dans l'estuaire externe signe d'apports marins ; la vitalité de la population n'a pas été affectée par ces baisses. Cependant, l'interaction des nombreux paramètres intervenants entraîne des fluctuations saisonnières et annuelles qui n'autorisent pas à affirmer que cette tendance se poursuivra dans les années à venir.



Objectif définition

Une eau reconnue chimiquement bonne contient parfois peu d'organismes vivants. C'est pourquoi cet indicateur propose d'évaluer la capacité biologique des eaux de la Loire : **être un milieu dans lequel se développe la vie de façon optimale**. L'observation porte sur le plancton végétal microscopique, le phytoplancton, premier maillon biologique des chaînes alimentaires aquatiques, dont va dépendre l'ensemble des organismes de l'écosystème. Le phytoplancton vit en suspension dans l'eau et en suit passivement les mouvements.

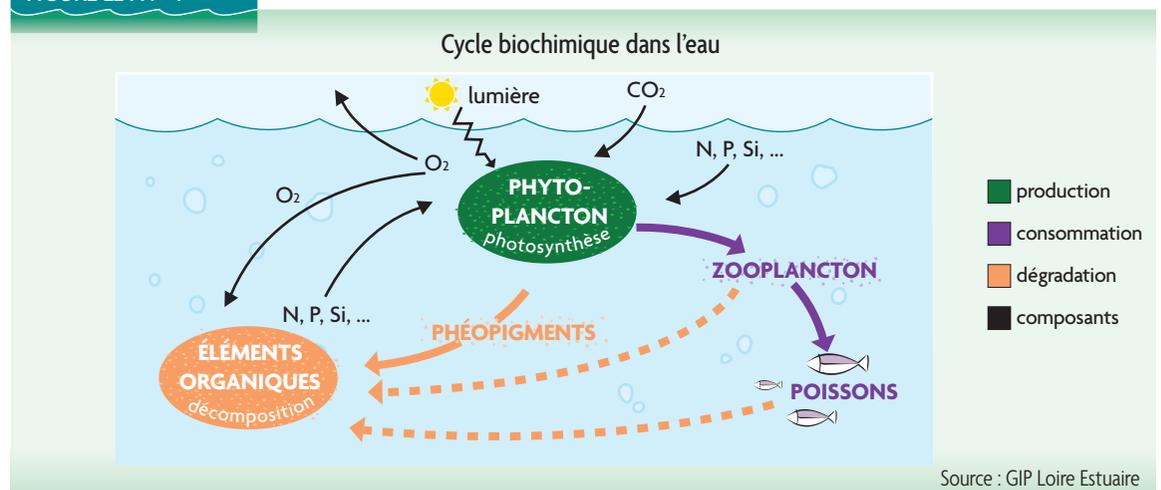
Ne pouvant mesurer aisément la quantité de phytoplancton présent, son évaluation se fait par le biais de la mesure des pigments chlorophylliens spécifiques de la matière végétale soit vivante : la **chlorophylle a**, soit dégradée : les **phéopigments**.

L'objectif de l'indicateur est d'apprécier la présence et la vitalité de la population phytoplanctonique à partir de la concentration de ces 2 pigments. La vitalité, part de la matière vivante sur la matière morte, s'exprime par le rapport de leurs concentrations respectives.

$$\text{Vitalité} = \frac{\text{Matière vivante exprimée par la concentration en Chl } a}{\text{Matière morte exprimée par la concentration en Phéop}}$$

NOTA : Dans le reste de la fiche la concentration en chlorophylle a sera exprimée par l'expression [Chl a], et la concentration en phéopigments par [Phéop].

FIGURE L2 A4 - 1



Comme tout végétal, le phytoplancton élabore sa propre matière à partir des éléments dissous dans l'eau : le gaz carbonique, les sels nutritifs (nitrates, phosphates et silice) et les oligo-éléments (magnésium, sodium, fer...). L'énergie nécessaire à cette élaboration est fournie par la lumière convertie en énergie chimique lors de la **photosynthèse**, grâce à des pigments spécialisés comme les chlorophylles, dont la **a** seule commune à tous les végétaux. **Il y a proportionnalité entre la quantité de chlorophylle a et la quantité de matière vivante.**

Une partie de la matière produite est consommée par le zooplancton et autres animaux herbivores comme certains poissons, le reste meurt au bout de quelques jours. Les pigments chlorophylliens se retrouvent dans l'eau sous forme dégradée : **les phéopigments dont la quantité est en relation directe avec la matière morte.** Au final, tout est décomposé par des bactéries et des champignons en éléments simples à nouveau disponibles.

La contribution du phytoplancton vivant, via la photosynthèse, à l'apport d'oxygène dissous dans l'eau est primordiale ; il n'en réutilise qu'une petite part pour sa respiration.

Quant au phytoplancton mort, sa décomposition consomme l'oxygène, et un excès de matière végétale à dégrader épuise parfois totalement la ressource. Ces crises d'anoxie sont provoquées par un surdéveloppement des végétaux qui ont trouvé dans l'eau une surabondance de sels nutritifs entraînant un dysfonctionnement dit

eutrophisation. Dans l'estuaire, s'ajoute à cela la mortalité brutale du phytoplancton fluvial au contact des eaux saumâtres et son intégration aux matières en suspension (MES) dont il constitue largement la part organique. Plus la production de phytoplancton est massive à l'amont, plus le risque d'anoxie est important au niveau des fortes turbidités à l'aval. **Trop de production n'est pas un bien en soi et peut être le signe d'un déséquilibre, d'autant que la matière morte est soustraite de la chaîne alimentaire.**

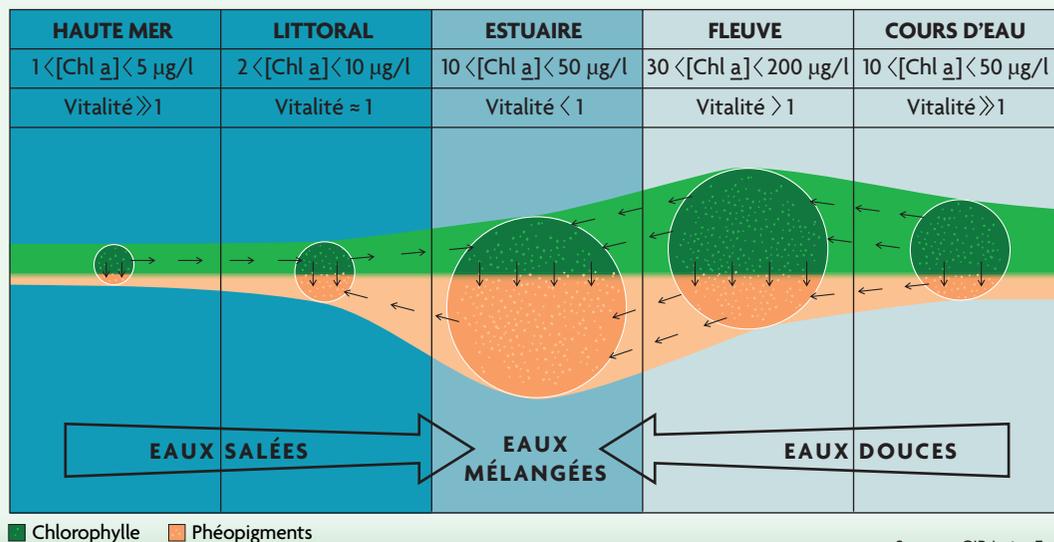
Dans tous les milieux aquatiques, le phytoplancton suit un **cycle saisonnier** lié à la photosynthèse et à la prédation, induisant un pic de concentration au début du printemps suivi d'une forte consommation, puis un second pic en fin d'été, et un minimum en hiver.

Les eaux douces des rivières, plus riches en éléments nutritifs, renferment naturellement des [Chl a] de l'ordre de 10 à 50 µg/l, soit dix fois plus que la haute mer. L'eutrophisation apparaît à partir de 100 µg/l dans les eaux douces et 7,5 µg/l dans les eaux marines.

Dans les estuaires, les deux populations phytoplanctoniques marine et d'eau douce, subissent des contraintes : courant, agitation, turbidité, variation de salinité. En conséquence, entre le fleuve et l'océan, la [Chl a] décroît linéairement et la [Phéop] présente un maximum dans la zone de turbidité, définissant ainsi 3 domaines de vitalité. Ce schéma est susceptible de variation plus ou moins prononcée, sous l'action parfois antagoniste des différents facteurs au cours de l'année.

FIGURE L2 A4 - 2

Schéma théorique de répartition du phytoplancton



Source : GIP Loire Estuaire

Cet indicateur s'appuie sur les données mensuelles des réseaux de surveillance de la qualité des eaux

superficielles qui suivent le risque d'eutrophisation depuis les Ponts-de-Cé jusqu'à l'estuaire

Trois eaux, trois vitalités

L'exploitation de données issues de réseaux dont les campagnes ne sont pas simultanées, oblige à utiliser les moyennes annuelles, et à distinguer les différents réseaux. Les campagnes du réseau RNO se font du large vers l'intérieur de l'estuaire de la pleine mer à la basse mer, les autres campagnes se pratiquant de l'amont vers l'aval en suivant la basse mer.

De la Maine à la mer, entre 1996 et 2002, le schéma général de la répartition du phytoplancton est respecté entre matière vivante et matière morte.

Les trois domaines se répartissent ainsi :

- *le domaine des eaux douces* : du Bec de Maine à l'amont de Nantes, sur près de 60 km, dans les eaux claires et riches en nutriments, la [Chl a] est souvent supérieure à 50 µg/l avec en permanence un gonflement à La Possonnière dû aux apports de la Maine. La production l'emporte nettement sur la dégradation et la consommation, la vitalité se situe entre

3/2 et 4/1. A l'entrée dans la zone marnante, les eaux encore douces, mais turbulentes, provoquent une perte progressive de la vitalité qui se rapproche de 1 par augmentation de la mortalité.

- *le domaine des eaux mélangées* : de Nantes à l'embouchure, sur une distance de plus de 50 km, la [Chl a] décroît de 50 à 10 µg/l, tandis que la [Phéop] augmente et dépasse 150 µg/l ; la vitalité devient inférieure à 1, pouvant atteindre 1/4 à 1/3. L'activité biologique planctonique est affaiblie et la mortalité accélérée en relation étroite avec les phénomènes hydrosédimentaires : mélange des eaux douces et salées devenant impropres au maintien des espèces strictement marines ou douces, turbidité limitant la limpidité des eaux donc la pénétration de la lumière nécessaire à la photosynthèse et agitation permanente entraînant les cellules vers le fond tout en remettant en suspension les phéopigments issus des détritux végétaux déposés avec les sédiments.

Ainsi, avec peu de production, la présence de phytoplancton dans les eaux estuariennes est sous la dépendance des apports de l'amont et en moindre proportion, des apports de l'aval.

Le pic observé tous les ans à Paimboeuf, déjà remarqué en 1983 peut être mis en correspondance avec le maximum du phosphore ; s'agit-il d'apports latéraux par les marais ou de l'effet du relargage du phosphore par les sédiments brassés ?

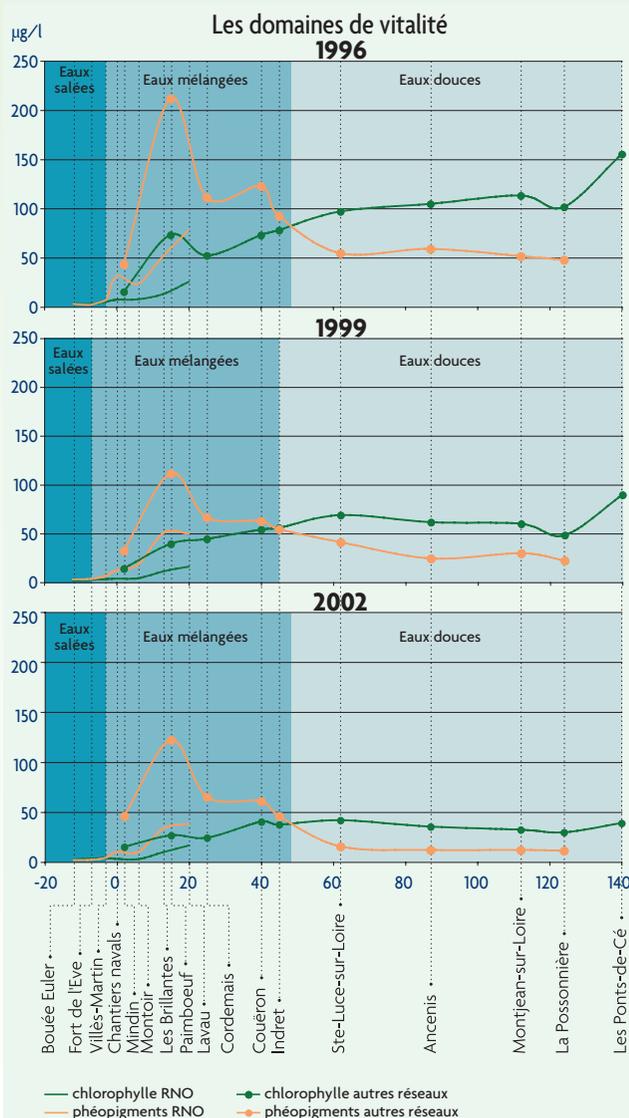
- *le domaine des eaux salées* : dans l'estuaire externe, chlorophylle et phéopigments sont à des concentrations de même valeur en dessous de 10 µg/l, toutefois supérieures à celles de la haute mer. La production se maintient, même faiblement, grâce aux apports continentaux en sels nutritifs, tandis que les phéopigments sont apportés avec les matières en suspension. Ainsi, la vitalité demeure proche de 1.

La constance des limites des trois domaines est tout à fait remarquable, le débit du fleuve les faisant varier de quelques kilomètres : entre 1996 et 2001, période de débits croissants, les limites ont glissé progressivement vers l'aval, tandis qu'en 2002, année de faibles débits, la tendance s'est inversée.

Cependant, concentration et vitalité ont évolué de façon contraire. Sur la période, les concentrations en chlorophylle a et en phéopigments, ont globalement décliné :

- *dans les eaux douces*, [Chl a] et [Phéop] ont chuté, de façon encore plus significative pour les maxima que pour les minima,

GRAPHIQUE L2 A4 - 1



Sources : SMN-CQE, AELB, IFREMER, DDASS 44, DDASS 49, GIP Loire Estuaire

- dans les eaux mélangées, les [Phéop] dominent toujours et leur baisse a été moins conséquente que celle des [Chl a], compte tenu de la subsistance d'un stock de MES,
- les eaux littorales ont été moins concernées par cette baisse, les concentrations moyennes ont eu tendance à y être constantes, seuls les écarts entre maxima et minima se sont resserrés.

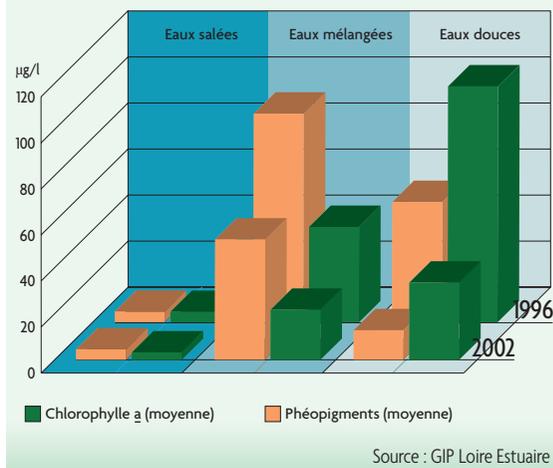
Entre 1996 et 2001, cette baisse avait suivi la diminution de la durée d'ensoleillement agissant sur la photosynthèse, et l'augmentation des débits qui engendrent forte agitation, raccourcissement du temps de résidence et dilution.

En 2002, débits faibles et ensoleillement étaient favorables au développement du plancton végétal, mais les [Chl a] sont restées basses. Cette année-là, comme les autres années et selon les données disponibles, les éléments nécessaires à l'élaboration de la matière (azote, phosphore) ont toujours été présents en quantité non limitante. La consommation par les prédateurs a-t-elle utilisée la plus grande part élaborée ? ou d'autres facteurs sont-ils intervenus ? montrant la complexité des processus biologiques non appréhendables en terme de moyenne annuelle.

Dans le même temps la vitalité s'est renforcée, montrant ainsi qu'une concentration élevée en chlorophylle a n'est pas synonyme du bon équilibre de la population. C'est en 2001 que la vitalité a été la plus grande, de 10/1 à La Possonnière à 3/2 dans l'estuaire externe.

GRAPHIQUE L2 A4 - 2

Répartition de la chlorophylle a et des phéopigments en 1996 et 2002



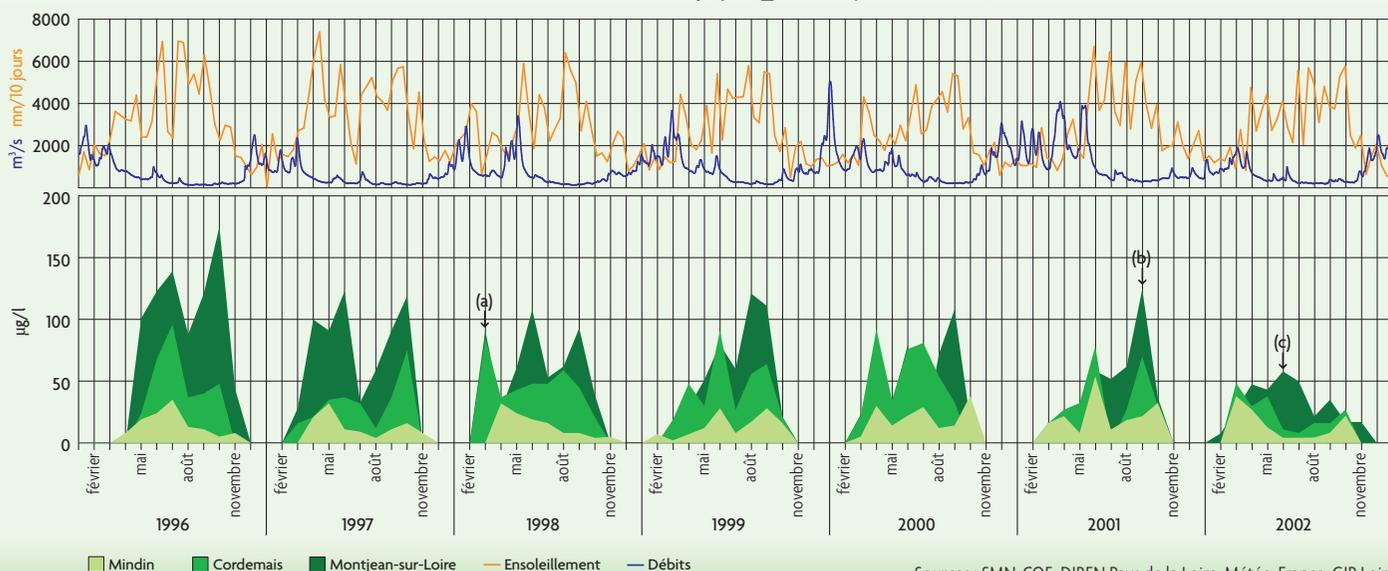
Un lien étroit de l'amont à l'aval

La relation entre les 3 domaines au cours des saisons ne peut être appréhendée que dans le détail ; l'analyse porte sur les résultats de trois stations prospectées en vive-eau, aux mêmes

dates : Montjean-sur-Loire dans le domaine des eaux douces, Cordemais dans le domaine des eaux mélangées et Mindin à la lisière des eaux salées.

GRAPHIQUE L2 A4 - 3

Variations saisonnières et annuelles de la chlorophylle a à Montjean-sur-Loire, Cordemais et Mindin



Le **soleil**, paramètre de la photosynthèse, intervient sur la masse de phytoplancton produite, tandis que le **débit fluvial** intervient sur les conditions de sa survie et son transfert vers l'aval. Au cours de l'année, leurs effets se conjuguent ou se contrarient, resserrant plus ou moins les liens entre les trois stations :

- à *Montjean-sur-Loire*, dans la zone de production, la [Chl a] a un cycle saisonnier bien marqué, avec des poussées de production au printemps ou en fin d'été qui, quand elles dépassent 100 $\mu\text{g/l}$, risquent de provoquer une eutrophisation à l'aval immédiat, comme en octobre 1996 (175 $\mu\text{g/l}$). C'est là le maximum enregistré ces dernières années loin des 300 $\mu\text{g/l}$ de septembre 1981 à La Possonnière,
- à *Cordemais*, au centre de l'estuaire, le cycle saisonnier est atténué, les pics de [Chl a] sont le plus souvent en phase avec l'amont ; il s'agit d'un transfert du phytoplancton, partiellement sous forme vivante et partiellement sous forme dégradée, car la mortalité est forte, encore plus en cas d'eutrophisation à l'amont,
- à *Mindin*, au contact des eaux côtières, le transfert de la production amont est faible voire très faible par poursuite de la mortalité. Les variations annuelles peuvent être inverses de celles des 2 stations amont sous l'effet d'apports plus ou moins prononcés du large : des pics de [Chl a] sont notés en juillet 2000 et juin 2001, qui pourraient résulter d'entrées des blooms phytoplanctoniques marins observés également dans le réseau REPHY à Pornichet et à la Pointe St-Gildas ; ces épisodes sont plus fréquents ces dernières années dans l'estuaire externe.

L'influence de ces deux facteurs (ensoleillement, débit) est accentuée aux périodes où la demande de la part des consommateurs est maximale. Leurs variations engendrent des situations d'abondance ou de pénurie avec une incidence sur le développement de l'ensemble de la communauté vivante ; trois exemples :

(a) Une solidarité optimale

Des conditions optimales ont été réunies en mars 1998, avec un débit moyen et un ensoleillement suffisant au stade de développement maximum des végétaux : la biomasse phytoplanctonique produite à Montjean-sur-Loire a largement alimenté les consommateurs sur place et en aval, peu exigeant à cette période ; le mois suivant, sous l'effet d'une crue supérieure à 2 000 m^3/s , la masse produite a profité à Mindin.

TABLEAU L2 A4 - 1

Dépendance amont-aval en ressource alimentaire

Date	(a) Mars 1998	(b) Sept. 2001	(c) Juin 2002
Débit moyen mois précédent	606 m^3/s	313 m^3/s	474 m^3/s
Ensoleillement décade précédente	27 heures	67 heures	36 heures
Montjean-sur-Loire Eaux douces	91 17	124 16	58 11
Cordemais Eaux mélangées	85 68	160 70	11 53
Mindin Eaux côtières	pas de mesure	22 84	4 14

■ Chlorophylle a (en $\mu\text{g/l}$)
■ Phéopigments (en $\mu\text{g/l}$)

Sources : SMN-CQE, GIP Loire Estuaire

(b) Trop de production à l'amont nuit à l'aval
En septembre 2001, à Montjean-sur-Loire, sous l'effet conjugué d'une faible agitation et du soleil, la photosynthèse s'est accélérée et la concentration a cru jusqu'à l'eutrophisation des eaux ([Chl a] = 124 $\mu\text{g/l}$) dans une période de moindre consommation. Cette production a engorgé Cordemais et Mindin, a provoqué une mortalité massive source de crises d'anoxie préjudiciables à la faune aquatique.

(c) Pénurie à l'amont pénalise l'aval

En juin 2002, période à laquelle la demande alimentaire des jeunes poissons, crustacés, oiseaux est la plus forte, la [Chl a] à Montjean-sur-Loire ne dépasse pas 60 $\mu\text{g/l}$ et les débits peu importants prolongent le temps de transit. Plus en aval, cette source a fait défaut, puisque Cordemais et Mindin connaissent des teneurs basses jamais observées en cette période de l'année. La faible autonomie de la zone aval, zone de nourricerie, la fragilise ; seul un fort ensoleillement aurait permis au plancton de l'estuaire de se reconstituer à la faveur des mortes eaux peu agitées.

Sources & Méthodes

Les données proviennent des réseaux de surveillance de la qualité des eaux DDASS 44 et 49, RNB-AELB, RNO-IFREMER, SMN-CQE. Dans ces réseaux, les mesures mensuelles de la chlorophylle *a* ont pour objectif le suivi du risque d'eutrophisation des eaux. Elles ont pu être utilisées ici car les protocoles sont similaires, à un mètre sous la surface. Dans la partie marnante elles sont réalisées au moment de la vive-eau c'est-à-dire au maximum de la turbidité.

La mesure de la biomasse phytoplanctonique peut être réalisée en identifiant et comptant les cellules présentes dans un échantillon. Cette

méthode, très lente, est remplacée par la méthode, plus rapide et facilement reproductible, de la mesure de la concentration en chlorophylle d'un échantillon filtré à 200 μm qui élimine les macro-végétaux et ne conserve que le plancton. Des 4 types de chlorophylle *a-b-c-d*, seule la *a* est mesurée car présente dans tous les végétaux. La quantité de chlorophylle *a* proportionnelle à la quantité de phytoplancton vivant, peut être exprimée en élément organique : 1 $\mu\text{g/l}$ de chlorophylle *a* = 35 $\mu\text{g/l}$ de carbone algal. L'analyse des phéopigments est effectuée sur la même fraction.

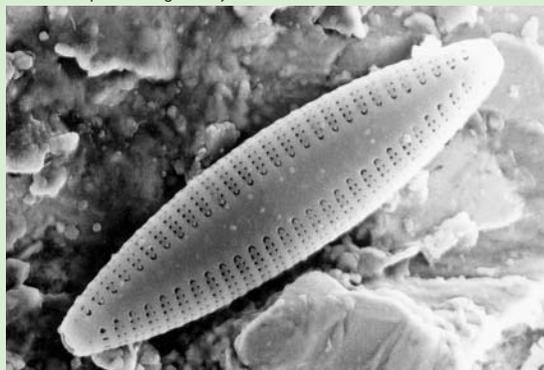
Informations complémentaires

Le phytoplancton est composé d'algues unicellulaires de taille inférieure à 200 μm .

Il n'existe pas à proprement parlé d'espèces estuariennes de plancton, mais des espèces marines et d'eau douce plus ou moins tolérantes vis-à-vis du sel. Sur les 151 espèces inventoriées en 1983 entre Nantes et St-Nazaire, 1/3 étaient des espèces marines rentrées dans l'estuaire avec le flot, et 2/3 des espèces d'eau douce amenées par le fleuve.

Certaines espèces de plancton végétal ont la faculté de proliférer très rapidement, et de former des concentrations ou «blooms» qui colorent parfois les eaux. Les blooms observés sur le littoral ne proviennent pas du transfert du phytoplancton des fleuves, leur origine est cependant liée aux flux de nutriments (azote, phosphore, silice, ...) apportés par les eaux continentales. Certaines espèces sécrètent des toxines qui menacent

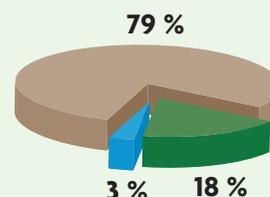
Diatomée pennée - genre *Synedra*.



GRAPHIQUE L2 A4 - 4

Composition du phytoplancton dans l'estuaire, entre Nantes et St-Nazaire (relevé 1983)

Algues brunes (dont Diatomées)
taille de 20 à 200 μm



Algues bleues
(Cyanophycées)
et **autres algues**
de taille < 2 μm

Algues vertes
(dont Chlorophycées)
taille de 1 à 40 μm

Source : Y. Rincé

la vitalité des organismes vivants (Gymnodinium, toxines NSP), quelques-unes attentent à la santé humaine (Dinophysis, toxines DSP) et sont suivies par les réseaux de surveillance de type REPHY.

Les récentes méthodes d'observation font apparaître que le plancton végétal de très petite taille inférieure à 0,2 μm (ou picoplancton), sous-estimé dans les mesures basées sur la chlorophylle *a*, représenterait des biomasses considérables ; sa faculté d'adaptation lui donnerait un rôle essentiel dans la production primaire.

Des références

D. Nicolas-Prat - Etude de la microflore et microfaune planctoniques de l'estuaire de la Loire. Etude générale d'environnement de l'estuaire de la Loire, OREAM 1978

Y. Rincé - Qualité des eaux et milieu vivant dans l'estuaire de la Loire, Tome II - hydrologie - planctonologie. CSEEL 1983

L. Lampert - Dynamique saisonnière et variabilité pigmentaire des populations phytoplanctoniques dans l'Atlantique nord (golfe de Gascogne). Thèse doctorat UBO 2001

Programme Scientifique Seine-aval Vol 5 ; L'oxygène un témoin du fonctionnement biologique 1999.

Site : www.sb-roscoff.fr/phytoplancton

